

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-92350

(P 2 0 0 0 - 9 2 3 5 0 A)

(43) 公開日 平成12年3月31日 (2000.3.31)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード (参考)
H04N 5/21		H04N 5/21	B 5C021
5/217		5/217	5C024
5/335		5/335	Z

審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全21頁)

(21) 出願番号	特願平10-257084	(71) 出願人	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(22) 出願日	平成10年9月10日 (1998.9.10)	(72) 発明者	望月 淳 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内
		(72) 発明者	野本 峰生 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内
		(74) 代理人	100078134 弁理士 武 嗣次郎

最終頁に続く

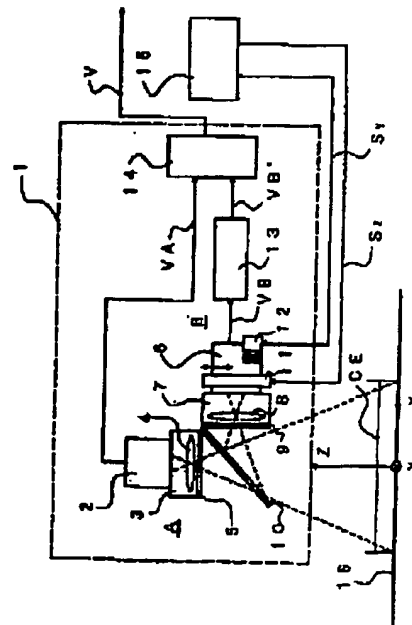
(54) 【発明の名称】 周期的な明暗パターンを有する対象の画像撮像方法、装置及びこれを用いた検査方法、装置

## (57) 【要約】

【課題】 撮像対象の周期性明暗パターンと固体撮像素子の撮像素素との相対的位置関係によって生ずる撮像モアレを除去する。

【解決手段】 撮像系Aの固体撮像素子2と撮像系Bの固体撮像素子6とが、ハーフミラー10を介し、周期性明暗パターンを有する撮像対象16の撮像視野CEを撮像する。演算処理部15は撮像対象16の明暗パターンに応じた画素ずらし量を算出し、 $z$ 、 $y$ 方向移動信号 $S_z$ 、 $S_y$ を生成して撮像系Bを $z$ 、 $y$ 方向に位置をずらし、撮像系Aの映像信号 $VA$ に対して画素ずらしされた映像信号 $VB$ が得られるようにする。この映像信号 $VB$ が画素単位ずれ補正処理部13で処理され、映像信号 $VA$ に対して撮像素素サイズ以下の画素ずらし量の映像信号 $VB'$ が生成される。これら映像信号 $VA$ 、 $VB'$ は演算処理部15で画素毎に階調値が算術的加算処理され、撮像モアレが除去された映像信号 $V$ が得られる。

【図 1】



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 周期的な明暗パターンを有する対象の画像を撮像する方法において、  
該明暗パターンに応じた画素ずらし量を求め、  
該明暗パターンを撮像して画素ずらしのない第1の映像信号と該画素ずらし量だけずれた該明暗パターンを撮像して画素ずらしのある第2の映像信号とを得、  
該第1、第2の映像信号を画素単位毎に階調値の算術的合成処理し、該第1の映像信号と同じ分解能、画素数の撮像モアレが低減された第3の映像信号を得ることを特徴とする周期的な明暗パターンを有する対象の画像撮像方法。

【請求項2】 請求項1において、  
前記第1の映像信号に含まれる撮像モアレ成分に対し、該撮像モアレ成分が持つ空間周波数スペクトルの実数値と虚数値とによる偏角とは $180^\circ$ 異なる偏角の空間周波数スペクトルを持つ撮像モアレ成分を前記第2の映像信号が含むように、前記画素ずらし量を設定することを特徴とする周期的な明暗パターンを有する対象の画像撮像方法。

【請求項3】 請求項2において、  
前記第1、第2の映像信号に含まれる前記撮像モアレ成分は、空間周波数領域でのスペクトルの絶対値が最も大きい順から1以上の撮像モアレ成分であることを特徴とする周期的な明暗パターンを有する対象の画像撮像方法。

【請求項4】 請求項1～3のいずれか1つの周期的な明暗パターンを有する対象の画像撮像方法を用いた前記対象の検査方法であって、  
前記対象をディスプレイ装置での表示画面とし、前記撮像手段によって該表示画面を撮像して撮像モアレが抑圧された映像信号を得ることにより、該表示画面の画質項目のうちの色むら、輝度むら、粒子状むら、画素欠陥、色ずれ、色純度、解像度、鮮鋭度、画像歪み、画像傾きの少なくとも1つを定量的に検査することを特徴とする検査方法。

【請求項5】 請求項1～3のいずれか1つの周期的な明暗パターンを有する対象の画像撮像方法を用い、前記撮像手段によって該表示画面を撮像して撮像モアレが抑圧された映像信号を得ることにより、前記対象での前記周期的な明暗パターン以外の明暗変動を検出し、前記対象の良否を定量的に検査することを特徴とする検査方法。

【請求項6】 周期的な明暗パターンを有する対象の画像を撮像する装置において、  
該明暗パターンに応じた画素ずらし量を求める演算処理手段と、  
該明暗パターンを撮像して画素ずらしのない第1の映像信号と該画素ずらし量だけずれた該明暗パターンを撮像して画素ずらしのある第2の映像信号とを出力する撮像

手段と、

該第1、第2の映像信号を画素単位毎に階調値の算術的合成処理する撮像モアレ低減処理手段とを備え、該撮像モアレ低減処理手段から該第1の映像信号と同じ分解能、画素数の撮像モアレが抑圧された映像信号が得られるように構成したことを特徴とする周期的な明暗パターンを有する対象の画像撮像装置。

【請求項7】 請求項6において、  
前記演算処理手段は、前記第1の映像信号に含まれる撮像モアレ成分に対し、該モアレ成分が持つ空間周波数スペクトルの実数値と虚数値とによる偏角とは $180^\circ$ 異なる偏角の空間周波数スペクトルを持つモアレ成分を前記第2の映像信号が含むように、前記画素ずらし量を設定することを特徴とする周期的な明暗パターンを有する対象の画像撮像装置。

【請求項8】 請求項6において、  
前記演算処理手段は、  
空間周波数の有限の領域での空間周波数スペクトルの折返しによって生ずる撮像モアレのパワーであるモアレパワースペクトルを算出し、  
該モアレパワースペクトルの大きい順に1以上の該撮像モアレの折返し前の空間周波数を求め、  
求めた該空間周波数から前記画素ずらし量を算出することを特徴とする周期的な明暗パターンを有する対象の画像撮像装置。

【請求項9】 請求項8において、  
モアレパワースペクトルが大きい順に*i*番目の前記撮像モアレを生ずる空間周波数領域内のスペクトルの折返し元空間周波数を $U_{i,1}$ 、 $V_{i,1}$ とし、(*i*+1)番目の前記撮像モアレを生ずる空間周波数領域内のスペクトルの折返し元空間周波数を $U_{i+1,1}$ 、 $V_{i+1,1}$ として、  
$$\alpha_i \times U_{i,1} + \beta_i \times V_{i,1} = 1 / (2p)$$
  
$$\alpha_i \times U_{i+1,1} + \beta_i \times V_{i+1,1} = 1 / (2p)$$
  
(但し、*p*=撮像手段の分解能)を満たす $\alpha_i$ 、 $\beta_i$ を前記画素ずらし量とすることを特徴とする周期的な明暗パターンを有する対象の画像撮像装置。

【請求項10】 請求項6～9のいずれか1つにおいて、  
撮像モアレ低減処理手段による画素単位毎の階調値の算術的合成処理は、画素単位毎の階調値の重み付き、画素単位毎の階調値の単純平均処理、画素単位毎の階調値の最大値選択処理、画素単位毎の階調値の最小値選択処理のいずれかであることを特徴とする周期的な明暗パターンを有する対象の画像撮像装置。

【請求項11】 請求項6～10のいずれか1つにおいて、  
前記撮像手段は、同じ前記対象の周期性の明暗パターンを撮像する第1、第2の固体撮像素子を有し、  
該第2の固体撮像素子が、該第1の固体撮像素子による該対象の視野範囲よりも前記画素ずらし量に応じた量だ

けずれた視野範囲を撮像することを特徴とする周期的な明暗パターンを有する対象の画像撮像装置。

【請求項12】 請求項11において、

前記第2の固体撮像素子に光学的な光路変更手段を設け、

該光路変更手段により、前記第2の固体撮像素子の前記対象の視野範囲を、前記第1の固体撮像素子の前記対象の視野範囲から前記画素ずらし量に応じた量だけずらすことを特徴とする周期的な明暗パターンを有する対象の画像撮像装置。

【請求項13】 請求項6～10のいずれか1つにおいて、

前記撮像手段は、前記対象の面に平行に移動可能とする移動手段を備えた1つの固体撮像素子を有し、

該移動手段を作動させないときの該固体撮像素子の出力映像信号を前記第1の映像信号とし、前記演算処理手段で得られる前記画素ずらし量に応じて該移動手段を作動させたときの該撮像素子の出力映像信号を前記第2の映像信号とすることを特徴とする周期的な明暗パターンを有する対象の画像撮像装置。

【請求項14】 請求項6～10のいずれか1つにおいて、

前記演算処理手段で得られた前記画素ずらし量に応じて前記対象を移動させる手段を設け、

前記対象を移動させないときの前記撮像手段の出力映像信号を前記第1の映像信号とし、前記対象を該手段によって移動させたときの前記撮像手段の出力映像信号を前記第2の映像信号とすることを特徴とする周期的な明暗パターンを有する対象の画像撮像装置。

【請求項15】 周期的な明暗パターンを有する対象の30 画像を1つの固体撮像素子で撮像する装置において、

該固体撮像素子に、該対象からの画像光の一部の光路を該明暗パターンで決まる画素ずらし量に応じた分だけ光学的に変更させる光学手段を設けるとともに、

該明暗パターンに応じた画素ずらし方向を算出し、該光学手段による該画像光の一部の光路の方向を算出した該画素ずらし方向に合わせるように該光学手段を制御する演算処理手段とを備えて、該固体撮像素子から撮像モアレが抑圧された映像信号が得られるように構成したことを特徴とする周期的な明暗パターンを有する対象の画像40 撮像装置。

【請求項16】 請求項6～15のいずれか1つの周期的な明暗パターンを有する対象の画像撮像装置を用いた前記対象の検査装置であって、

前記対象をディスプレイ装置での表示画面とし、前記撮像手段によって該表示画面を撮像して撮像モアレが抑圧された映像信号を得ることにより、該表示画面の画質項目のうちの色むら、輝度むら、粒子状むら、画素欠陥、色ずれ、色純度、解像度、鮮鋭度、画像歪み、画像傾きの少なくとも1つを定量的に検査することを特徴とする50

検査装置。

【請求項17】 請求項6～15のいずれか1つの周期的な明暗パターンを有する対象の画像撮像装置を用い、前記撮像手段によって該表示画面を撮像して撮像モアレが抑圧された映像信号を得ることにより、前記対象での前記周期的な明暗パターン以外の明暗変動を検出し、前記対象の良否を定量的に検査することを特徴とする検査方法装置。

【発明の詳細な説明】

10 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、周期的な明暗パターンを有する対象の固体撮像素子による画像撮像方法及びそれを用いた装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、周期的な明暗パターンを有する対象の固体撮像素子による画像撮像において、対象の明暗パターンと固体撮像素子の撮像面での画素（以下、撮像画素という）との相対的な位置関係によって生じる撮像モアレを解消する方法としては、撮像画素の分解能と対象20 パターンの周期が作る分解能とを一桁以上離すことが有効であった。

【0003】 しかしながら、検出すべき情報が微弱・微小になるにつれて、かかる分解能を撮像側で実現できない場合が頻繁に発生するため、撮像系の結像特性を劣化させてデフォーカス状態とすることも常套に行なわれている。しかし、結像をデフォーカス状態にした場合、撮像モアレ以外の本来検出すべき微弱・微小情報（以下、本来情報という）もデフォーカスされるため、より微弱・微小な情報となって検出できなくなるという問題30 があった。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 かかる問題を回避するために、撮像モアレの中から微弱・微小な本来情報を検出する試みがなされているが、この場合でも、撮像モアレによる明暗値の低い部分（撮像モアレによって画面の明暗が繰り返すが、その暗い部分）にあるその明るさと同程度かそれ以下の明暗値を有する本来情報を安定に検出することは不可能であった。

【0005】 本発明は、かかる問題を解消し、対象の明暗パターンと固体撮像素子の撮像画素との相対的な位置関係によって生じる撮像モアレを除去し、本来情報を容易に検出することができるようにした画像撮像方法及びそれを用いた装置を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するために、本発明は、撮像モアレが持つ空間周波数スペクトルの実数値と虚数値とで形成される偏角を180度変化させるための固体撮像素子の撮像面内における撮像位置ずらし量を算出し、該撮像位置ずらし量を付与した画像と該撮像位置ずらし量を付与しない画像とを、撮像画素単

位の階調値毎に、算術的に合成する。これにより、被撮像位置ずらし量を付与しない画像と同じ分解能と画素数の撮像モアレが抑制された撮像画像が得られる。

【0007】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面を用いて説明する。

【0008】図1は本発明による画像撮像方法及びそれを用いた装置の第1の実施形態を示す構成図であって、1は画素ずらしユニット、2は固体撮像素子、3は光学系、4は結像レンズ、5は開口数調節機構、6は固体撮像素子、7は光学系、8は結像レンズ、9は開口数調節機構、10はハーフミラー、11は $z$ 方向移動機構、12は $y$ 方向移動機構、13は画素単位ずれ補正処理部、14は撮像モアレ低減処理部、15は演算処理部、16は撮像対象、A、Bは撮像系、CEは撮像視野である。

【0009】同図において、画素ずらしユニット1は、2つの撮像系A、Bと画素単位ずれ補正処理部13と撮像モアレ低減処理部14とから構成されており、周期的な明暗パターンを有する撮像対象16の撮像視野CEを夫々の撮像系A、Bで撮像し、これら撮像系A、Bの出力映像信号VA、VBを処理して撮像モアレ低減映像信号Vを生成出力する。

【0010】撮像系Aは固体撮像素子2や結像レンズ4を内蔵した光学系3、開口数調節機構（例えば、絞り機構）5から構成され、撮像系Bは固体撮像素子6や結像レンズ8を内蔵した光学系7、開口数調節機構（例えば、絞り機構）9から構成されている。周期性明暗パターンを有する撮像対象16の撮像視野CEからの光はハーフミラー10で2分され、撮像系Aでは、ハーフミラー10を透過した光を開口数調節機構5及び光学系3の結像レンズ4を介して固体撮像素子2の撮像面で受光することにより、この固体撮像素子2から映像信号VAが出力され、撮像系Bでは、ハーフミラー10で反射した光を開口数調節機構9及び光学系7の結像レンズ8を介して固体撮像素子6の撮像面で受光することにより、この固体撮像素子6から映像信号VBが出力される。即ち、これら撮像系A、Bでは夫々、ハーフミラー10を介し、同一の撮像倍率で撮像対象16の同一撮像視野CEを撮像することになる。

【0011】また、撮像系Bには、 $z$ 方向移動機構11と $y$ 方向移動機構12とが設けられており、これらにより、撮像系Bが $z$ 方向（撮像対象16のパターン形成面に垂直な方向）、 $y$ 方向（撮像対象16のパターン形成面に平行な方向）に移動可能となっている。これら $z$ 方向移動機構11と $y$ 方向移動機構12によって撮像系Bを $z$ 、 $y$ 方向に移動させると、撮像系Bがハーフミラー10の反射光を受光していることから、この撮像系Bに対する撮像対象16での撮像視野CEが、撮像系Aでの撮像視野CEに対し、その面に平行な $x$ 、 $y$ 方向にずらされることになる。 $z$ 方向移動機構11による移動量、

移動の向きや $y$ 方向移動機構12による移動量、移動の向きは夫々、演算処理部15から供給される $z$ 方向駆動信号Sz、 $y$ 方向駆動信号Syによって制御されるが、かかる移動量は固体撮像素子6での1画素（以下、固体撮像素子の画素を撮像画素という）未満の精度で設定される。また、このように撮像系Bを $z$ 、 $y$ 方向に変位させて撮像視野CEをずらすことを、以下、「画素ずらし」という。

【0012】撮像系Aの出力映像信号VAは直接撮像モアレ低減処理部14に供給され、撮像系Bの出力映像信号VBは、画素単位ずれ補正処理部13で処理された後、撮像モアレ低減処理部14に供給される。画素単位ずれ補正処理部13は、撮像系Bの出力映像信号VBを処理することにより、撮像系Aの撮像視野CEに対して $x$ 、 $y$ 方向に1撮像画素未満の画素ずらしをした撮像視野CEに対する映像信号VB'に変換して出力する。例えば、 $z$ 方向移動機構11と $y$ 方向移動機構12により、撮像系Bの撮像視野CEの撮像系Aの撮像視野CEに対する画素ずらし量を $z$ 、 $y$ 方向とも3.5撮像画素とした場合、画素単位ずれ補正処理部13により、そのうちの3撮像画素という整数撮像画素分が補正されて、画素ずらし量が $z$ 、 $y$ 方向とも0.5撮像画素だけ画素ずらしされたときの映像信号VB'に変換されるものとする。画素単位ずれ補正処理部13としては、シフトレジスタの組み合わせによる回路で実現することもできるし、デジタイズして格納した画像データに対するソフト処理で実現することもできる。

【0013】画素単位ずれ補正処理部13から出力される映像信号VB'は、撮像系Aから出力される映像信号VAに対し、撮像視野CEが1撮像画素未満だけ画素ずらしされているときの映像信号である。そして、かかる映像信号VA、VB'には、同じ周期、振幅の撮像モアレ成分が含まれているが、上記の画素ずらし量は、これら映像信号VA、VB'での撮像モアレ成分の位相差がほぼ $180^\circ$ となるように、設定されるものである。

【0014】撮像モアレ低減処理部14は、これら映像信号VA、VB'を処理することにより、映像信号VA、VBと同じ分解能、画素数の撮像モアレが除去された映像信号Vが得られる。この撮像モアレ低減処理部14の処理は、これら映像信号VA、VB'を画素単位で算術的合成するものであり、この算術的合成処理は、画素単位の階調値の重み付き平均処理、画素単位の階調値の単純平均処理、画素単位の階調値の最大値選択処理及び画素単位の階調値の最小値選択処理のいずれかである。

【0015】いま、映像信号VAの画面での $i$ 行、 $j$ 列の画素の階調値を $f(i, j)$ 、この画素に対応する映像信号VB'の画素の階調値を $g(i, j)$ とし、また、撮像モアレが低減された映像信号Vの同じく画素の階調を $h(i, j)$ とすると、上記の算術的合成処理は夫々次の

ように表わされる。即ち、

重み付き平均処理:  $h(i, j) = \{\alpha \cdot f(i, j) + \beta \cdot g(i, j)\} / 2$

(但し、 $0 \leq \alpha, \beta$  であって、 $\alpha + \beta = 2$ )

単純平均処理:  $h(i, j) = \{f(i, j) + g(i, j)\} / 2$

また、 $\text{MAX}(x, y)$  を  $x, y$  のうち大きい方の値、 $\text{MIN}(x, y)$  を  $x, y$  のうち小さい方の値として、  
最大値選択処理:  $h(i, j) = \text{MAX}\{f(i, j), g(i, j)\}$

最小値選択処理:  $h(i, j) = \text{MIN}\{f(i, j), g(i, j)\}$ 。

【0016】演算処理部15は、上記の演算処理によって映像信号VA、VB'から撮像モアレが低減された映像信号Vが得られるような上記の画素ずらし量を算出し、この算出した画素ずらし量に応じたz方向駆動信号Szとy方向駆動信号Syとを生成して撮像系Bのz方向移動機構11とy方向移動機構12とに供給する。

【0017】ここで、撮像モアレの発生原理とこの実施形態の動作原理について、一次元的な周期性パターンを例にして、図2により説明する。

【0018】図2(b)は一次元的な周期性パターンの空間周波数の正弦波状の高周波成分を示すものであって、この周期性パターンの空間的な周期をLとすると、フーリエ変換により、この空間周波数は $N/L$  (但し、Nは整数)に比例する。N=1はこの周期性パターンの基本空間周波数に比例する。

【0019】いま、かかる周期性パターンを分解能(画素サイズ)pの固体撮像素子で撮像したとすると、図2(b)の白丸で示す周期pのタイミングでこの高周波成分がサンプリングされ、 $p \neq$  (高周波成分の1/2周期)  $\times$  (整数)であるとき、図2(a)に白丸のサンプリング値 $f(1), f(2), f(3), \dots$ を結ぶ曲線で表わされる振幅変化の信号 $S_1$ が得られる。これが周期性パターンの空間周波数による撮像モアレである。

【0020】なお、このように、高周波成分がサンプリングによってこの高周波成分とはことなる空間周波数の成分が生ずることを「空間周波数の折返し」といい、この場合、この高周波の空間周波数を「折返し元空間周波数」、折返しによって生ずる空間周波数を「折返し先空間周波数」という。従って、図2(b)の空間周波数が折返し元周波数であり、図2(a)で示す信号 $S_1$ の周波数が折返し先周波数である。

【0021】一方、図2(b)に示す高周波成分を、白丸のサンプリング点よりも $\gamma p$  (但し、 $0 < \gamma < 1$ )だけずれた黒丸で示すタイミングでサンプリングすると

(このことは、白丸をサンプリング点とする撮像に対し、黒丸をサンプリング点とする撮像は、画素ずらし量を $\gamma p$ とする画素ずらしを行なっていることになる)、図2(a)に黒丸のサンプリング値 $g(1), g(2),$

$g(3), \dots$ を結ぶ曲線で表わされる振幅変化の信号 $S_2$ が得られる。ここで、信号 $S_1$ のi番目のサンプリング点と信号 $S_2$ のi番目のサンプリング点とが $\gamma p$ だけずれているが、これら対応するサンプリング点(矢印で対応付けている)のサンプリング値 $f(i), g(i)$ について、常に、

$f(i) + g(i) = \text{ほぼ一定}$

であれば、上記の単純平均処理によって撮像モアレが低減できることになる。この単純平均処理ができるようにこれらサンプリング値 $f(i), g(i)$ のタイミングを一致させるために、画素単位ずらし量補正処理部13が映像信号VBの位相調整をするものである。なお、図2(a)の場合、信号 $S_2$ が信号 $S_1$ よりも遅れているので、画素単位ずらし量補正処理部13が映像信号VBの位相を進めるのであるが、このことは、逆に、画素単位ずらし量補正処理部13により、撮像系Aからの映像信号VAの位相を遅らせるものとなる。

【0022】図1において、撮像モアレ低減処理部14で単純平均処理によって撮像モアレを低減する場合に、上記の単純平均処理が可能のように、処理演算部15が上記の画素ずらし量 $\gamma p$ を設定するものである。この場合、周期性パターンの配置関係や固体撮像素子の分解能などが既知であり、これらから上記の画素ずらし量 $\gamma p$ を算出することができる。また、画素単位ずらし補正処理部13が上記のサンプリング値 $f(i), g(i)$ のタイミングずれを補正するものである。

【0023】撮像モアレ低減処理部14で上記の算術的合成処理のうちの単純平均処理以外の処理を用いる場合も同様であるが、その処理毎に画素ずらし量 $\gamma p$ が異なることはいうまでもない。

【0024】なお、画素ずらし量 $\gamma p$ が分解能pの整数倍であると、図2から明らかなように、白丸のサンプリング点と黒丸のサンプリング点とが一致し、図2(a)に示す信号 $S_1, S_2$ は一致して撮像モアレの低減処理を行なうことができない。しかし、必要な画素ずらし量を $\gamma p$ であるとき、実際の画素ずらし量を、mを整数として、 $mp \pm \gamma p$ としても、白丸のサンプリング点のサンプリング値に対して $(mp \pm \gamma p)$ だけずれた黒丸のサンプリング点でのサンプリング値を対応させることにより、撮像モアレの低減処理を行なうことができる。

【0025】そこで、図1に示す第1の実施形態において、上記のように、撮像系Bの撮像視野CEの撮像系Aの撮像視野CEに対する画素ずらし量をz, y方向とも3.5画素(=3.5p)とした場合でも、画素単位ずらし補正処理部13により、そのうちの3画素(=3p)という整数撮像画素分が補正されて、画素ずらし量がz, y方向とも0.5画素(=0.5p)だけ画素ずらしされたときの映像信号VB'に変換されるようにすればよい。この場合、撮像系Aの出力映像信号VAのサンプリング値(即ち、画素の階調値)が図2(a)

での白丸とすると、映像信号VB'の画素の階調値は図2(a)の黒丸となり、これらの対応する画素値 $f(i)$ 、 $g(i)$ のタイミングが一致するように、画素単位補正処理部13の処理が行なわれるのである。

【0026】図2(c)は $(3p+rp)$ の画素ずらしによる信号 $S_1$ 、 $S_2$ を別々に示したものであって、これら信号 $S_1$ 、 $S_2$ の矢印で結んで示すような対応するサンプリング点 $f(i)$ 、 $g(i)$ のタイミングが一致するように、画素単位補正処理部13が画素ずらし量 $(3p+rp)$ の補正をする。

【0027】なお、撮像対象16として異なる周期性パターンを持つものを使用する場合には、周期性パターンが代わる毎に演算処理部20がかかる周期性パターンに対応した画素ずらし量を算出し、この算出結果に応じて撮像系Bの $z$ 、 $y$ 方向の移動量を設定するものであるが、このように周期性パターンが異なると、画素ずらし量 $rp$ も異なるものであるから、画素単位補正処理部13での補正量も異ならせなければならない。このために、図示しないが、この画素単位補正処理部13での処理も、演算処理部15からの $z$ 方向移動信号 $S_z$ 、 $y$ 方向移動信号 $S_y$ に応じて制御される。

【0028】図3は図1における撮像対象16の具体例を示す図であって、ここでは、カラー陰極線管(カラーCRT)の蛍光面、液晶ディスプレイパネルやプラズマディスプレイパネルの発光面を例としている。

【0029】図3(a)、(b)は画素が大方格子状に配列されたカラーCRTの蛍光面を示すものであって、画素の形状は楕円状または円状をなしている。図3

(a)はR(赤)、G(緑)、B(青)の3色の蛍光体の画素のうち、例えば、R画素による単色の発光状態にある撮像対象16を示すものであって、これを撮像対象16-1(楕円/円開口、大方格子配列、単色)という。また、図3(b)はR、G、B画素による3色(即ち、白色)の発光状態にある撮像対象16を示すものであって、これを撮像対象16-2(楕円/円開口、大方格子配列、3色)という。この場合、R、G、B画素の発光強度は必ずしも等しくならない。なお、水平方向の同じ色の蛍光体の画素ピッチを水平方向のピッチといい、垂直方向の同じ色の蛍光体の画素ピッチを垂直方向のピッチという。

【0030】図3(c)、(d)はセル(画素)が正方格子状に配列された液晶ディスプレイパネルやプラズマディスプレイパネルの発光面を示すものであって、画素の形状は矩形状をなしている。図3(c)はR(赤)、G(緑)、B(青)の3色の画素のうち、例えば、R画素による単色の発光状態の撮像対象16を示すものであって、これを撮像対象16-3(矩形開口、正方格子配列、単色)という。また、図3(d)はR、G、B画素による3色(即ち、白色)の発光状態の撮像対象16を示すものであって、これを撮像対象16-4(矩形開

口、正方格子配列、3色)という。この場合も、R、G、B画素の発光強度は必ずしも等しくならない。なお、水平方向の同じ色の蛍光体の画素ピッチを水平方向のピッチといい、垂直方向の同じ色の蛍光体の画素ピッチを垂直方向のピッチという。

【0031】図4(a)は図3(a)で示した撮像対象16-1を固体撮像素子2で撮像したときの撮像モアレを示すものであって、この場合、この固体撮像素子2の撮像面での撮像画素サイズ $p$ は、この撮像対象16-1のこの撮像面での蛍光体の配列ピッチ $H_p$ 、 $V_p$ に近いものとしている。図4(b)は、撮像画素サイズ $p$ を若干変えた条件で、図3(b)に示した撮像対象16-2を固体撮像素子2で撮像したときの撮像モアレを示すものである。このような撮像モアレが生ずると、撮像対象16-1、16-2に生ずる表示のむらや画素欠陥などを検出することが困難になる。

【0032】図5は蛍光体の配列が大方格子状である撮像対象16-1(図3(a))あるいは撮像対象16-2(図3(b))を撮像画素分解能 $p$ [mm/画素]の固体撮像素子2で撮像した場合の空間周波数スペクトルの分布を示す図である。

【0033】同図において、空間周波数スペクトルは実数値と虚数値を持つ。H(水平)方向の空間周波数を $u$ 、V(垂直)方向の空間周波数を $v$ と夫々定義し、空間周波数の座標系を $u-v$ 座標系の平面で表す。これら $u$ 、 $v$ 座標軸は単位長さ当りの画素数で定義され、その単位は $[mm^{-1}]$ である。

【0034】かかる $u-v$ 平面において、撮像対象16-1、16-2での蛍光体の配列のパワーが集中するスペクトル(以下、蛍光体配列空間周波数スペクトルという)も、・(黒丸印)で示すように、 $u-v$ 平面内で大方格子状に分布する。ここで、 $H_p$ 、 $V_p$ は図3(a)、(b)で示した蛍光体の配列の水平方向、垂直方向のピッチ(mm)である。また、各蛍光体配列空間周波数スペクトルは、 $u-v$ 平面での原点0での蛍光体配列空間周波数スペクトルを $[0, 0]$ として、蛍光体配列空間周波数スペクトル $[i, j]$ と表わしている。蛍光体配列空間周波数スペクトル $[0, 0]$ はDC(直流)成分であり、これ以外の蛍光体配列空間周波数スペクトル $[i, j]$ がその変動成分ということになる。

【0035】また、この $u-v$ 平面では、固体撮像素子2の撮像画素分解能(画素サイズ) $p$ によって一辺が $1/p$ の正方形の枠で囲まれる領域(以下、正方形領域という)が規定される。 $u-v$ 平面の原点0を中心とする正方形領域を正方形領域 $(0, 0)$ とし、それ以外の正方形領域を正方形領域 $(m, n)$ と表わす。この正方形領域 $(0, 0)$ の $u \geq 0$ 、 $v \geq 0$ の領域、即ち、ハッチングした右上 $1/4$ の領域が画面上で見ることが出来る空間周波数領域(可視空間周波数領域A)である。いま、固体撮像素子2の撮像面での画素数を、水平、垂直方向で

夫々、例えば、500とすると、その水平、垂直方向の $1/p$ は250画素である。従って、この可視空間周波数領域Aの $u$ 、 $v$ 軸方向の一辺は250である。

【0036】この正方形領域(0, 0)での他の領域は、 $u$ 、 $v$ の少なくともいずれか一方の値が負になり、数学上表われる領域であって、目で見ることができない。また、正方形領域(0, 0)以外の正方形領域( $m$ ,  $n$ )は、正方形領域(0, 0)を基本空間周波数領域に対する高調波領域である。

【0037】撮像モアレは、原理的には、図2で説明したようにして発生するものであるが、これを図5に適用すると、高調波領域である正方形領域( $m$ ,  $n$ )での蛍光体配列空間周波数スペクトル $[i, j]$ が正方形領域(0, 0)での可視空間周波数領域Aに折り返すことによって生ずるものである。この折返し(エリアジング)とは、いま、正方形領域(0, 0)と正方形領域( $m$ ,  $n$ )とに注目し、これら正方形領域の配置関係を保ちながら、正方形領域(0, 0)を $uv$ 平面の原点0を中心に正方形領域( $m$ ,  $n$ )とは原点对称な位置に移したときに、これとともに移動する正方形領域( $m$ ,  $n$ )での 20 蛍光体配列空間周波数スペクトル $[i, j]$ が位置する $uv$ 平面上の空間周波数スペクトルになることをいう。ここで、元の位置での正方形領域( $m$ ,  $n$ )での蛍光体配列空間周波数スペクトル $[i, j]$ の空間周波数を折返し元空間周波数、移動した後の正方形領域( $m$ ,  $n$ )での同じ蛍光体配列空間周波数スペクトル $[i, j]$ の空間周波数を折返し先空間周波数といい、この折返し先空間周波数が正方形領域(0, 0)の可視空間周波数領域Aに入り込むと、その蛍光体配列空間周波数スペクトルが撮像モアレとして現われることになる。

【0038】そこで、図5において、正方形領域(1, -2)についてみると、これと正方形領域(0, 0)との配置関係を保ちながら、この正方形領域(0, 0)を $uv$ 平面の原点0に対して正方形領域(1, -2)とは原点对称に移動させると、この正方形領域(0, 0)は正方形領域(-1, 2)と一致するが、これとともに、正方形領域(1, -2)は正方形領域(0, 0)の位置と一致し、この正方形領域(1, -2)の右上 $1/4$ の領域にある蛍光体配列空間周波数スペクトル $[3, -3]$ は元の位置の正方形領域(0, 0)での可視空間周 40 波数領域A内に折り返されたことになる。従って、この蛍光体配列空間周波数スペクトル $[3, -3]$ は、撮像画素分解能 $p$ で折り返されることにより、撮像モアレを生じさせることになる。

【0039】正方形領域(-1, 1)の右上 $1/4$ の領域にある蛍光体配列空間周波数スペクトル $[-2, 2]$ も同様であり、撮像画素分解能 $p$ の折返しによって可視空間周波数領域Aに入り込み、撮像モアレを発生させることになる。一般に、ハッチングして示すように、各正 50 方形領域( $m$ ,  $n$ )での右上の領域(即ち、一辺が $1/$

(2 $p$ )の正方形の領域)内に存在する蛍光体配列空間周波数スペクトルは、撮像画素分解能 $p$ の折返しによって撮像モアレを発生することになる。

【0040】ここで、正方形領域( $m$ ,  $n$ )内の蛍光体配列空間周波数スペクトル $[i, j]$ の折返しによって撮像モアレが発生する場合、 $\delta = \text{MAX}(m, n)$ として(これは絶対値が大きい方を選択することを表わす)、この折返しを $\pm \delta/p$ 折返しという。従って、図5において、正方形領域(1, -2)からの折返しは $\pm 2/p$ 折返しであり、正方形領域(-1, 1)からの折返しは $\pm 1/p$ 折返しである。

【0041】撮像モアレの原因となる蛍光体配列空間周波数スペクトルの折返し範囲は $\pm \infty/p$ であるため、無限の個数の折返し先(モアレ)空間周波数スペクトルを合計したものが撮像モアレスペクトルとなるが、対象とするモアレスペクトルは、各正方形領域( $m$ ,  $n$ )内のハッチングして示す $0 \sim +1/(2p)$ の範囲にある。

【0042】図6は蛍光体の配列が正方格子状である撮像対象16-3(図3(c))あるいは撮像対象16-4(図3(d))を撮像画素分解能 $p$ [mm/画素]の固体撮像素子2で撮像した場合の空間周波数スペクトルの分布を示す図である。

【0043】同図において、空間周波数スペクトルは実数値と虚数値を持つ。図5と同様に、 $H$ (水平)方向の空間周波数を $u$ 、 $V$ (垂直)方向の空間周波数を $v$ と夫々定義して、空間周波数の座標系を $u-v$ 座標系の平面で表わし、これら $u$ 、 $v$ 座標軸は単位長さ当りの画素数で定義され、その単位は $[\text{mm}^{-1}]$ である。

【0044】かかる $uv$ 平面において、撮像対象16-3、16-4での蛍光体の配列のパワーが集中する蛍光体配列空間周波数スペクトルも、(黒丸印)で示すように、 $uv$ 平面内で正方格子状に分布する。ここで、 $H_p$ 、 $V_p$ は図3(c)、(d)で示した蛍光体の配列の水平方向、垂直方向のピッチ(mm)である。また、各蛍光体配列空間周波数スペクトルは、 $uv$ 平面での原点0での蛍光体配列空間周波数スペクトルを $[0, 0]$ として、蛍光体配列空間周波数スペクトル $[i, j]$ と表わしている。蛍光体配列空間周波数スペクトル $[0, 0]$ はDC成分であり、これ以外の蛍光体配列空間周波数スペクトル $[i, j]$ がその変動成分ということになる。

【0045】なお、この場合の蛍光体配列空間周波数スペクトル $[i, j]$ の分布は、図5に示した蛍光体配列空間周波数スペクトル $[i, j]$ の分布が六方格子状をなすのに対し、 $i+j \equiv 1 \pmod{2}$ 、即ち、 $i+j = \text{奇数}$ となる蛍光体配列空間周波数スペクトル $[i, j]$ が付加されたものである。換言すると、図6に示す分布のうち、 $i+j \equiv 0 \pmod{2}$ 、即ち、 $i+j = \text{偶数}$ を満たす蛍光体配列空間周波数スペクトル $[i, j]$ を除いたものが図5に示す分布ということになる。

【0046】また、この場合も、この $uv$ 平面では、固

体撮像素子2の撮像画面分解能 $p$ によって一辺が $1/p$ の正方形領域が規定されており、 $uv$ 平面の原点 $0$ を中心とする正方形領域を正方形領域 $(0, 0)$ とし、それ以外の正方形領域を正方形領域 $(m, n)$ と表わしている。この正方形領域 $(0, 0)$ の $u \geq 0, v \geq 0$ の領域、即ち、ハッチングした右上 $1/4$ の領域が可視空間周波数領域 $A$ であり、固体撮像素子2の撮像面での画素数を、水平、垂直方向で夫々、例えば、500とすると、その水平、垂直方向の $1/p$ は250画素である。従って、この可視空間周波数領域 $A$ の $u, v$ 軸方向の一辺は250である。

【0047】この正方形領域 $(0, 0)$ での他の領域は、 $u, v$ の少なくともいずれか一方の値が負になり、数上表われる領域であって、目で見ることができない。また、正方形領域 $(0, 0)$ 以外の正方形領域 $(m, n)$ は、正方形領域 $(0, 0)$ を基本空間周波数領域に対する高調波領域である。

【0048】正方形領域 $(m, n)$ 中の蛍光体配列空間スペクトル $[i, j]$ が正方形領域 $(0, 0)$ での可視空間周波数領域 $A$ に折り返すことにより、撮像モアレが発生するが、この場合も、図5の場合と同様に、各正方形領域 $(m, n)$ でのハッチングして示す右上 $1/4$ の領域 $(0 \sim +1/(2p))$ の範囲内にある蛍光体配列空間スペクトル $[i, j]$ が折返しによって撮像モアレを発生させるものである。例えば、図示するように、正方形領域 $(1, -2)$ のハッチング領域内に存在する蛍光体配列空間周波数スペクトル $[3, -3]$ が正方形領域 $(0, 0)$ の可視空間周波数領域 $A$ 内に折り返されて撮像モアレが発生する。この場合の折返しは $\pm 2/p$ 折返しである。また、正方形領域 $(-1, 1)$ のハッチング領域にある蛍光体配列空間周波数スペクトル $[-2, 2]$ も同様であり、 $\pm 1/p$ 折返しによって可視空間周波数領域 $A$ に入り込み、撮像モアレを発生させることになる。

【0049】図5の場合と同様に、撮像モアレの原因となる蛍光体配列空間周波数スペクトルの折返し範囲は $\pm \infty/p$ であるため、無限の個数の折返し先(モアレ)空間周波数スペクトルが可視空間周波数領域 $A$ 内に生ずるから、これらを足し合わせたものが撮像モアレスペクトルとなる。

【0050】以上のようにして、蛍光体配列空間周波数スペクトルの折返しによって撮像モアレが生ずるのであるが、次に、図1における演算処理部15での画素ざらし量 $\gamma p$ の算出方法について説明する。

【0051】図7はこの演算処理部15での撮像モアレスペクトルの絶対値(モアレパワースペクトル)の算出方法を示すフローチャートである。

【0052】この方法は、図5あるいは図6での正方形領域 $(m, n)$ 毎に蛍光体配列空間周波数スペクトル $[i, j]$ の空間周波数(即ち、折返し元空間周波数)とこれが可視空間周波数領域 $A$ (図5、図6)に折り返

されたときの撮像モアレの周波数(折返し先空間周波数)とを求め、これに基づいてモアレパワースペクトルを求めるものである。従って、蛍光体配列空間周波数スペクトル $[i, j]$ 毎にモアレパワースペクトルが求められる。なお、モアレパワースペクトルは、撮像モアレスペクトルの実数値の自乗と虚数値の自乗との和あるいは和の平方根で表わされる。

【0053】同図において、図5、図6で示す $uv$ 平面での対象範囲(折返し範囲)を限定する。これは、上記のように、撮像モアレを発生させる蛍光体配列空間スペクトル $[i, j]$ は $uv$ 平面での折返し範囲が $\pm \infty/p$ まで含むものであるが、通常、 $uv$ 平面での原点 $0$ から遠い蛍光体配列空間スペクトル $[i, j]$ 程その折返しによるモアレパワースペクトルが小さくなり、撮像モアレが目立たなくなるから、この折返し範囲を限定しても、各別問題とはならないからである。そこで、まず、この折返し範囲を $\pm k/p$ (但し、 $k \geq 1$ )として、 $k$ を所定の値に設定する。通常、 $k$ は10以下とする(ステップ100)。図5、図6に図示する範囲を対象とする場合には、 $k=2$ である。

【0054】そして、まず、 $n=-k$ とし(ステップ101)、 $m=-k$ とする(ステップ102)。これは、まず、図5、図6での正方形領域 $(m, n)$ として、 $uv$ 平面の原点 $0$ から一方向に最遠の正方形領域 $(-k, -k)$ を指定したものである。

【0055】次に、 $i_{\dots} = m \times Hp/p$ 以上の整数値、 $i_{\dots} = (m+0.5) \times Hp/p$ 以下の整数値、 $j_{\dots} = n \times Vp/p$ 以上の整数値、 $j_{\dots} = (n+0.5) \times Vp/p$ 以下の整数値を算出する(ステップ103)。ここで、図5、図6に示すように、蛍光体配列空間周波数スペクトル $[i, j]$ は、 $u$ 軸方向に $1/Hp$ の間隔で、 $v$ 軸方向に $1/Vp$ の間隔で夫々分布しており、また、正方形領域 $(m, n)$ は、 $u, v$ 軸方向に $1/p$ の間隔で配列されている。この正方形領域 $(m, n)$ での図5、図6でハッチング領域の $u, v$ 軸方向の範囲は夫々 $m/p \leq u \leq (m/p + 1/(2p))$ 、 $n/p \leq v \leq (n/p + 1/(2p))$

であり、この範囲に蛍光体配列空間周波数スペクトル $[i, j]$ が存在するためには、

$$m/p \leq i/Hp \leq (m/p + 1/(2p))$$

$$n/p \leq j/Vp \leq (n/p + 1/(2p))$$

を満たさなければならない。そして、これらの式を変形すると、

$$m \times Hp/p \leq i \leq (m+0.5) \times Hp/p$$

$$n \times Vp/p \leq j \leq (n+0.5) \times Vp/p$$

となる(ここで、 $i, j$ は整数である)。従って、ステップ103は、対象となる正方形領域 $(m, n)$ のハッチング領域内に存在する蛍光体配列空間周波数スペクトル $[i, j]$ を探索していることになる。

【0056】ステップ103で $i_{\dots}, j_{\dots}$ が求まる



と、 $j = j_{...}$  (ステップ104)、 $i = i_{...}$  (ステップ105)とし、正方形領域 $(m, n)$ のハッチング領域内に存在する蛍光体配列空間周波数スペクトル $[i, j]$ の探索結果とする。なお、ステップ103で $i_{...} \leq i_{...}$ 、 $j_{...} \leq j_{...}$ であるが、これを満足する整数値 $i_{...}$ 、 $i_{...}$ 、 $j_{...}$ 、 $j_{...}$ が存在しないときには、図示しないが、ステップ113に進む。

【0057】上記の条件を満たす蛍光体配列空間周波数スペクトル $[i, j]$ が求まると、このスペクトルが図6に示す正方格子状に分布するものである場合には、ステップ108に進んでこの蛍光体配列空間周波数スペクトル $[i, j]$ の折返しによるモアレパワースペクトルが求められ、図5に示す六方格子状に分布するものであるときには、 $i + j \equiv 0 \pmod{2}$ 、即ち、 $i + j =$  偶数となる蛍光体配列空間周波数スペクトル $[i, j]$ のみがステップ108でモアレパワースペクトルの算出の対象となる(ステップ107)。 $i + j \equiv 1 \pmod{2}$ となる蛍光体配列空間周波数スペクトル $[i, j]$ である場合には、これは対象外のものとして、ステップ109に進む。

【0058】正方形領域 $(m, n)$ での1つの蛍光体配列空間周波数スペクトル $[i, j]$ のステップ108での処理が終わってモアレパワースペクトルが求まると、次に、 $i = i + 1$ とする(ステップ109)。この場合、同じ正方形領域 $(m, n)$ のハッチング領域に他の蛍光体配列空間周波数スペクトル $[i + 1, j]$ が存在する場合には、 $i + 1 \leq i_{...}$ であるから(ステップ110)、この蛍光体配列空間周波数スペクトル $[i + 1, j]$ について、ステップ106からの処理を行なう。これは、図6において、例えば、正方形領域 $(0, 1)$ のように、ハッチング領域内の $u$ 軸方向に2以上の蛍光体配列空間周波数スペクトル $[i, j]$ が存在する場合である。なお、図5に示す分布の場合には、この蛍光体配列空間周波数スペクトル $[i + 1, j]$ は $(i + 1) + j \equiv 1 \pmod{2}$ であるから、ステップ107で対象外となり、直ちにステップ109に進む。

【0059】また、 $i + 1 > i_{...}$ の場合には(ステップ110)、同じ正方形領域 $(m, n)$ のハッチング領域内の $u$ 軸方向にほかに蛍光体配列空間周波数スペクトル $[i, j]$ がないことになり、次に、 $j = j + 1$ とする(ステップ111)。そして、この $j + 1 \leq j_{...}$ である場合には(ステップ112)、この同じハッチング領域内の $v$ 軸方向に他の蛍光体配列空間周波数スペクトル $[i, j + 1]$ が存在することになり、 $i = i_{...}$ として(ステップ105)、この蛍光体配列空間周波数スペクトル $[i, j + 1]$ についてステップ106からの処理を行なう。

【0060】このようにして、同じ正方形領域 $(m, n)$ のハッチング領域内の全ての蛍光体配列空間スペクトル $[i, j]$ のステップ108によるモアレパワース

ベクトルが求まると、 $i > i_{...}$  (ステップ110)、 $j > j_{...}$  (ステップ112)として、1つの正方形領域 $(m, n)$  (この場合、正方形領域 $(-k, -k)$ )の処理が終了する。

【0061】そこで、 $m = m + 1$ として(ステップ113)、この $m + 1$ が $m + 1 \leq +k$ のとき(ステップ114)、 $uv$ 平面上 $u$ 軸方向に1つ隣の正方形領域 $(m + 1, n)$ を処理対象とし、ステップ103からの処理を行なう。このようにして、 $m > k$ となり、 $u$ 軸方向1列の正方形領域 $(-k, -k) \sim (+k, -k)$ の同様の処理が終了すると、次に、 $n = n + 1$ とし(ステップ115)、 $n \leq +k$ のとき(ステップ116)、ステップ102に戻って上記の処理動作を繰り返す。これは、 $uv$ 平面上 $v$ 軸方向に1つ隣の正方形領域の列、即ち、正方形領域 $(-k, -k + 1) \sim (+k, -k + 1)$ を処理対象とするものである。

【0062】このようにして、 $m > +k$  (ステップ113)、 $n > +k$  (ステップ116)となると、対象とする全ての蛍光体配列空間周波数スペクトル $[i, j]$ について、モアレパワースペクトルが得られたことになる。

【0063】図8は図7におけるステップ108の一具体例を示すフローチャートである。

【0064】同図において、図7のステップ103～ステップ107で処理対象として求められた正方形領域 $(m, n)$ での蛍光体配列空間周波数スペクトル $[i, j]$ について、まず、その $u, v$ 軸方向の空間周波数である折返し元空間周波数 $U, V$  (単位は $\text{mm}^{-1}$ )と、その折返しによる撮像モアレの空間周波数である折返し先周波数 $u, v$  (単位は $\text{mm}^{-1}$ )とを求める(ステップ200)。ここで、

$$\begin{aligned} U &= i/Hp & V &= j/Vp \\ u &= i/Hp - m/p & v &= j/Vp - n/p \end{aligned}$$

である。

【0065】ここで、撮像対象16の周期性パターンは、図3に示したカラーCRTや液晶ディスプレイ、プラズマディスプレイの場合、R、G、Bの各画素は、1つの点ではなく、形状、寸法 (即ち、開口) を有している。このために、各蛍光体配列空間周波数スペクトル $[i, j]$ も、パワーの広がりを持ったものであり、その広がり方も画素の形状、寸法によって異なる。このため、モアレパワースペクトルを求めるに際し、かかるパワーの広がりを折返しスペクトル $S_{i,j}(u, v)$ として求める必要がある。

【0066】そこで、撮像対象16のパターンの開口 (セル) が、図3(c)、(d)に示すように、矩形状である場合には(ステップ201)、折返しスペクトル $S_{i,j}(u, v)$ を次の数1によって求める(ステップ202)。

【0067】

【数1】

$$S_{2,4}(u_n, v_n) = \text{sinc}(dh \cdot U_n, dv \cdot V_n) \\ \times \text{sinc}(\sqrt{0.01a \cdot p} U_n, \sqrt{0.01a \cdot p} V_n)$$

但し、 $dh$ ＝開口（画素）の水平（H）方向の辺の長さ $dv$ ＝開口（画素）の垂直（V）方向の辺の長さ $a$ ＝撮像素子の面積開口率 [%]

$$\text{sinc}(x, y) = \\ \sin(\pi x) \cdot \sin(\pi y) / \{(\pi x) \cdot (\pi y)\}$$

【0068】上記数1において、右辺第1項目の $\text{sinc}(dh \cdot U_n, dv \cdot V_n)$ は、セルが矩形形状であるときの蛍光体の開口形状スペクトルを表わすものであって、一次関数 $\text{sinc}(x)$ についてみると、図9(a)に示す波形となる。また、右辺第2項目は撮像素子の開口形状スペクトルを示すものであって、これら第1項目と第2項目との乗算は、蛍光体配列空間周波数スペクトル $[i, j]$ の折返しスペクトルのパワーを表わしている。

【0069】撮像対象16のパターンの開口（画素）が、図3(a)、(b)に示すように、楕円形状である場合には（ステップ201）、折返しスペクトル $S_{2,4}(u_n, v_n)$ を次の数2によって求める（ステップ203）。

【0070】

【数2】

$$S_{2,4}(u_n, v_n) = \text{besinc}(ds \sqrt{U_n^2 + (e \cdot V_n)^2}) \\ \times \text{sinc}(\sqrt{0.01a \cdot p} U_n, \sqrt{0.01a \cdot p} V_n)$$

但し、 $ds$ ＝開口（画素）の短径 [mm] $e$ ＝開口長径／開口短径

$$\text{besinc}(x) = J_1(2\pi x) / (2\pi x)$$

但し、 $J_1(x)$ ＝一次のベッセル関数

【0071】上記数2において、右辺の第1項目は画素が楕円形状であるときの蛍光体の開口形状スペクトルを表わすものであって、一次関数 $\text{besinc}(x)$ は図9(b)に示す波形となる。この場合も、右辺第2項目は撮像素子の開口形状スペクトルを示すものである。

【0072】以上のようにして、画素が有限の開口を有するときの折返しスペクトルが求められるが、図3

(a)、(c)に示すように、1種類の画素のみが発光した単色発光の場合には（ステップ204）、 $S(u_n, v_n) = S_{2,4}(u_n, v_n)$ として（ステップ206）、モ

アレパワースペクトルを求める（ステップ207）。しかし、3種類の画素が発光する3色発光の場合には（ステップ204）、

$S(u_n, v_n) = S_{2,4}(u_n, v_n) \times f(i, g, b, r)$ なる演算を行ない、この $S(u_n, v_n)$ を用いてモアレパワースペクトルを求める（ステップ207）。なお、 $f(i, g, b, r)$ は、 $g, b, r$ を3色の発光強度比として、蛍光体配列空間周波数スペクトル $[i, j]$ に対し、

$$f(i, g, b, r) = g + b + r \quad i \equiv 0 \pmod{3} \\ = g - (b + r) / 2 \quad i \equiv 1, 2 \pmod{3}$$

である。 $g = b = r$ の場合には、 $i \equiv 0 \pmod{3}$ 、即ち、 $i$ が3の倍数（ $i = 0$ も含む）である蛍光体配列空間周波数スペクトル $[i, j]$ のみが $f(i, g, b, r) \neq 0$ となり、それ以外の蛍光体配列空間周波数スペクトル $[i, j]$ では、 $f(i, g, b, r) = g - (b + r) / 2 = 0$ であるので、蛍光体配列空間周波数スペク

トル $[i, j]$ の分布は単色の場合の $1/3$ となる。

【0073】ステップ207では、モアレパワースペクトル $P_n(u_n, v_n)$ が、

【0074】

【数3】

$$P_m(u_m, v_n) = |S(u_m, v_n)|^2$$

あるいは、

$$P_m(u_m, v_n) = |S(u_m, v_n)|$$

【0075】として求められる。

【0076】図10は以上のようにして得られたモアレパワースペクトル $P_m(u_m, v_n)$ から画素ずらし量を求める算出方法を示すフローチャートである。

【0077】同図において、まず、画素ずらし自由度 $N$  (≧1)を設定する(ステップ300)。これは、除こうとするモアレスペクトルの個数の1/2に設定する。次に、上記の求めたモアレパワースペクトル $P_m(u_m, v_n)$ のうちの $m=n=0$ のモアレパワースペクトル $P_m(u_m, v_n)$ を除く(ステップ301)。これは、折返ししない蛍光体配列空間周波数スペクトル $[0, 0]$ に対するものであり、この蛍光体配列空間周波数スペクトル $[0, 0]$ は基本の正方形領域 $(0, 0)$ での可視空間周波数領域 $A$ 内に発生するものであって、撮像モアレとなるものではない。

【0078】そして、残ったモアレパワースペクトル $P_m(u_m, v_n)$ を大きい順に並べ(ステップ302)、 $i=1$ として $i$ 番目に大きいモアレパワースペクトルを $P_{i1}(u_{i1}, v_{i1})$ とし(ステップ303)、 $i$ 番目に大きいモアレパワースペクトル $P_{i1}(u_{i1}, v_{i1})$ に対する折返し元空間周波数 $U_{i1}, V_{i1}$ と次の $(i+1)$ 番目に大きいモアレパワースペクトル $P_{i+1,1}(u_{i+1,1}, v_{i+1,1})$ に対する折返し元空間周波数 $U_{i+1,1}, V_{i+1,1}$ とを選択し(ステップ304。なお、モアレパワースペクトルに対する折返し元空間周波数は、図8に示す処理で得られている)、ステップ305により、これら折返し元空間周波数を用いて、これらモアレパワースペクトル $P_{i1}(u_{i1}, v_{i1})$

$$\exp\{j2\pi p(\alpha U_{i1} + \beta V_{i1})\} = \exp(j\pi)$$

【0082】でなければならず、従って、画素ずらし量 $\alpha, \beta$ は

【0083】

【数5】

$$\alpha U_{i1} + \beta V_{i1} = 1/(2p)$$

【0084】を満たすものとなる。

【0085】図10におけるステップ305はこの演算をするものであり、大きいもの順に2つのモアレパワースペクトル $P_{i1}(u_{i1}, v_{i1}), P_{i+1,1}(u_{i+1,1}, v_{i+1,1})$ に対する折返し元空間周波数 $U_{i1}, V_{i1}, U_{i+1,1}, V_{i+1,1}$ を用い、これらに対する画素ずらし量を $\alpha_{i/2}, \beta_{i/2}$ として、

【0086】

【数6】

$$\alpha_{i/2} \times U_{i1} + \beta_{i/2} \times V_{i1} = 1/(2p)$$

$$\alpha_{i/2} \times U_{i+1,1} + \beta_{i/2} \times V_{i+1,1} = 1/(2p)$$

$, v_{i1}), P_{i+1,1}(u_{i+1,1}, v_{i+1,1})$ を低減するために必要な画素ずらし量を算出する。

【0079】撮像モアレの空間周波数スペクトルは実数値と虚数値とを有しており、これらのなす角、即ち、偏角(位相ともいう)に対して $180^\circ$ 偏角が異なる撮像モアレの空間周波数スペクトルを発生させることにより、これでもって元の撮像モアレの空間周波数スペクトルを相殺して除くようにすることができる。元の撮像モアレ空間周波数スペクトルに対して偏角が $180^\circ$ の撮像モアレ空間周波数スペクトルを得るためには、元の撮像モアレ空間周波数スペクトルに $-1 = \exp(jn\pi)$ (ただし、 $j$ は虚数、 $n$ は奇数)を乗ずればよいが、これは、固体撮像素子による撮像範囲を画素サイズより小さい分だけずらすことによって実現する。

20 【0080】そこで、いま、固体撮像素子の撮像範囲を図3に示す状態から、水平方向に $\alpha$ 画素だけ、垂直方向に $\beta$ 画素だけ夫々ずらしたとすると(但し、画素ずらし量 $\alpha, \beta < p$ )、同じ空間周波数の蛍光体配列空間集周波数スペクトルが折り返されて生ずる撮像モアレ空間周波数スペクトルは、かかるずらしがない場合に生ずる元の撮像モアレ空間周波数スペクトルに $\exp\{j2\pi p(\alpha U_{i1} + \beta V_{i1})\}$ を乗じたものである。これが元の撮像モアレ空間周波数スペクトルに対して $180^\circ$ の偏角を有するためには、 $n=1$ として、

30 【0081】

【数4】

【0087】の連立方程式を満足するものとするものである。

【0088】次に、 $i=i+2$ として(ステップ306)、以下、大きい順に2つずつのモアレパワースペクトルについて順次ステップ304、305の処理を行ない、夫々毎に画素ずらし量を $\alpha_{i/2}, \beta_{i/2}$ を求め、これを $i \geq 2N$ になるまで繰り返す(ステップ307)。

【0089】図1における演算処理部15は、以上の演算処理を行なうことによって画素ずらし量 $\alpha_{i/2}, \beta_{i/2}$ を算出し、これらに応じた $z$ 方向移動信号 $S_z, y$ 方向移動信号 $S_y$ を生成するのであるが、以下、画素ずらしによる効果について実験例をもとに説明する。

【0090】ここでは、撮像対象16として、図3

(a)、(b)に示した撮像対象16-1、16-2を用い、図11(a)に示すように、その撮像視野CEに欠陥画素PEが存在するものとしており、かかる撮像視野CEに対して画素ずらし量を異ならせて撮像モアレの

低減効果をみるものである。なお、かかる撮像対象16では、 $H_p=0.221\text{mm}$ 、 $V_p=0.292\text{mm}$ 、画素の短径 $=0.1\text{mm}$ 、画素の長径 $=0.12\text{mm}$ とする。

【0091】また、撮像画素サイズは水平、垂直方向ともに $0.15\text{mm}$ とし、その中に等間隔（水平、垂直方向に夫々 $1/4$ 画素間隔）の16個の基準点0, 1, 2, 3, ……、15を設定する。かかる基準点は、撮像画面の左上隅にある最初の撮像画素VEを撮像視野CEの左上隅の点Bに対してどのように位置付けるかを決めるものであって、その位置付け方が16通りあることになる。

【0092】即ち、図11(a)における撮像画素VEはその基準点0を撮像視野CEの左上隅の点Bに一致させた場合を示すものであり、撮像視野CEに対し、この撮像画素VEを基準として他の撮像画素が配列されていることになる。図12はそのときの撮像視野CEに対する撮像画素VEの配列関係を模式的に示したものであって、破線枠で囲んだものが1つの撮像画素VEである。また、図11(a)において、基準点1を撮像視野CEの左上隅の点Bに一致させた場合には、撮像画素は図示する撮像画素VEよりも左方に $1/4$ 画素分ずらされていることになり、この場合の各撮像画素は、図12で示す撮像画素よりも水平方向に $-1/4$ 画素分、垂直方向に0画素分ずれている。同様に、図11(a)において、基準点4を撮像視野CEの左上隅の点Bに一致させた場合には、撮像画素は図示する撮像画素VEよりも上方に $1/4$ 画素分ずらされていることになり、この場合の各撮像画素は、図12で示す撮像画素よりも水平方向に0画素分、垂直方向に $+1/4$ 画素分ずれていることになり、従って、図11(a)において、基準点15を撮像視野CEの左上隅の点Bに一致させた場合には、撮像画素は図示する撮像画素VEよりも左方に $3/4$ 画素分、上方に $3/4$ 画素分ずらされていることになり、この場合の各撮像画素は、図12で示す撮像画素よりも水平方向に $-3/4$ 画素分、垂直方向に $+3/4$ 画素分ずれていることになる。

【0093】図13(a)は図11(a)に示す撮像視野CEに対して撮像画素VEを上記のように16通りずらして撮像した場合の撮像モアレの明るさと画素欠陥PEの明るさとの関係を示す図であり、撮像画像の最も明るい部分の明るさを最明値を100%として、撮像モアレの明るさはその最も暗い部分の明るさの最明値に対する割合をモアレ最暗値(%)とし、また、画素欠陥PEの明るさも最も暗い部分の明るさ最明値に対する割合を欠陥最暗値(%)として、撮像視野CEに一致させる撮像画素の基準点0, 1, 2, 3, ……、15毎にプロットしている。

【0094】図13(a)において、撮像視野CEに対して撮像画素の配列がどのようになって、モアレ最暗

値は50%とほぼ一定である。これに対し、欠陥最暗値は、撮像視野CEの左隅の点Bに一致させる撮像画素の基準点を異ならせて撮像視野CEに対する撮像画素の配列関係を変化させると、画素欠陥PEに対する撮像画素の位置関係が変化するから、異なった値を持つことになる。

【0095】図13(a)によると、撮像視野CEの左隅の点Bに一致させる撮像画素の基準点を図11(b)における基準点15とすると、欠陥最暗値はほぼ50%とモアレ最暗値とほとんど一致することになる。これは、このように撮像視野に対する撮像画素の配置関係を設定すると、撮像モアレによって欠陥画素PEを識別するのが非常に困難であることを示している。即ち、図1に示した実施形態のような撮像モアレの低減処理を行わない場合には、撮像視野CEと撮像画素との位置関係によっては、画素欠陥が検出できない場合もあることになる。

【0096】これに対し、図13(b)は、図13(a)の場合と同様に、撮像視野CEに対して撮像画素VEを上記のように16通りずらして撮像するのであるが、図1に示した実施形態を使用するものであって、これら各撮像毎に、演算部15による画素ずらしの撮像も行ない、画素ずらしを行わない場合の映像信号と画素ずらしを行なった場合の映像信号とを撮像モアレ低減処理部14で処理して撮像モアレの低減を行なったものである。この場合の画素ずらし量を、水平方向に $+0.74$ 画素、垂直方向に $-4.9$ 画素としている。それ以外は図13(a)の場合と同様である。

【0097】図13(b)によると、モアレ最暗値はほぼ70%に上昇して撮像モアレ低減効果が現われており、撮像視野CEの左上隅の点Bに撮像画素の基準点6を一致させたとき、欠陥最暗値がモアレ最暗値に近くなるが、それでも10%以上の差があり、図13(a)の場合に比べて画素欠陥PEの検出が容易になる。

【0098】このようにして、図1に示した実施形態による撮像モアレの低減処理を施すことにより、撮像視野CEと撮像画素との位置関係にかかわらず、撮像視野CEでの画素欠陥PEを確実に検出することができるようになる。

【0099】この例では、モアレパワースペクトルが大きい方から2つについて画素ずらしをしたものとしているが、より多くのモアレパワースペクトルを画素ずらしの対象とすることにより、より大きな効果が得られることになる。

【0100】なお、この実施形態では、画素欠陥の検出に撮像モアレの低減を図るものとしたが、これに限らず、色ずれ、色純度、解像度、鮮鋭度、画像歪み、画像傾きなどの画質検査に際しても、撮像モアレの低減手段として有効であることはいうまでもない。

【0101】このようにして、この実施形態では、周期

性明暗パターンを持つ撮像対象から撮像モアレが効果的に低減された映像信号が得られるものであるから、欠陥などの周期的パターン以外の明暗変動に対する撮像モアレの影響が大幅に抑制され、かかる明暗変動を容易にかつ正確に検出することができるようになる。このために、撮像対象の優劣を定量化して検査する方法、例えば、画素などの周期的な明暗パターンを有する撮像対象の1つであるディスプレイ装置の表示画面を撮像対象とした場合の、この表示画面の画質項目の中でとりわけ重要な色むらや輝度むら、粒子状むら、画素欠陥、色ずれ、色純度、解像度、鮮鋭度、画像歪み、画像傾きなどのうちの少なくとも1つに関する定量的な検査方法では、この実施形態による撮像モアレ解消撮像方法は非常に有効なものであり、製品品質検査装置の実現並びにこの装置による製品品質の高度な水準での安定実現に不可欠な手段となるものである。

【0102】図14は本発明による周期的な明暗パターンを有する対象の画像撮像方法及びそれを用いた装置の第2の実施形態における撮像系Bを示す図であって、17はガラス板ユニットであり、図1に対応する部分には

同一符号を付けている。  
【0103】この第2の実施形態は、全体構成が図1に示した実施形態と同様であるが、図14に示すように、撮像系Bにおいて、固体撮像素子6と光学系7との間にガラス板ユニット17が設けられている。また、光学系7に内蔵される結像レンズ8は像側テレセントリック系のレンズとし、像側に結像に寄与する光線を光軸に平行にする。ガラス板ユニット17は、この結像レンズ8からの平行光の光路を演算処理部15（図1）からの回転駆動信号 $S\theta 1$ 、 $S\theta 2$ とに応じて変更させるものであ

って、これにより、図1における撮像系Bが $z$ 、 $y$ 方向に変位されたのと同等となり、図1に示した実施形態と同様の効果が得られることになる。

【0104】図15は図14におけるガラス板ユニット17の具体例を示す図であって、18、19はガラス板であり、図14に対応する部分には同一符号を付けている。  
【0105】図15（a）において、ガラス板ユニット17は2枚のガラス板18、19から構成されている。これらガラス板18、19は結像レンズ8からの平行光Lの光路中に前後して設けられており、ガラス板18は平行光Lの光軸（結像レンズ8の光軸）に垂直な回転軸RP1を中心に回転可能であり、ガラス板19はこの平行光Lの光軸とガラス板18の回転軸RP1とに垂直な回転軸RP2を中心に回転可能に夫々設けられている。ガラス板18が回転すると、その回転量に応じた分だけ平行光Lの光路が $z$ 方向に変位し、ガラス板19が回転すると、平行光Lの光路が $y$ 方向に変位する。従って、例えば、ガラス板18を演算処理部15（図14）からの回転駆動信号 $S\theta 1$ に応じて回転させ、ガラス板19

を演算処理部15からの回転駆動信号 $S\theta 2$ （図14）に応じて回転させることにより、図1に示した第1の実施形態のような撮像系Bを $z$ 、 $y$ 方向に変位させたのと同様の効果が得られることになる。

【0106】なお、図15（b）に示すように、ガラス板18、19の配列順序を前後入れ替えるようにしてもよく、これによっても同様の効果が得られることはいうまでもない。

【0107】図16は本発明による周期的な明暗パターンを有する対象の画像撮像方法及びそれを用いた装置の第3の実施形態を示すブロック図であって、20は $x$ 方向移動機構、21は $y$ 方向移動機構であり、図1に対応する部分には同一符号を付けて重複する説明を省略する。この第3の実施形態は、1つの撮像系を用い、上記のような画素ずらしをしない映像信号と画素ずらしをした映像信号を得ることができるようにしたものである。

【0108】同図において、撮像系には、 $x$ 方向移動機構20と $y$ 方向移動機構21とが設けられており、演算処理部15からの $x$ 方向移動信号 $Sx$ 、 $y$ 方向移動信号 $Sy$ に応じて、撮像対象16の面に平行な面内で $x$ 、 $y$ 方向に移動可能に構成されている。

【0109】かかる構成において、演算処理部15から $x$ 方向移動信号 $Sx$ や $y$ 方向移動信号 $Sy$ が供給されない状態で、固体撮像素子2が光学系3を通して撮像対象16の撮像視野CEを撮像する。そのときの固体撮像素子2の出力映像信号は、演算処理部14と画素単位ずれ補正処理部13とに供給されるが、画素ずらしのない映像信号VAとして撮像モアレ低減処理部14に取り込まれて保持される。

【0110】次に、演算処理部15から、そこで算出された画素ずらし量に応じた $x$ 方向移動信号 $Sx$ 、 $y$ 方向移動信号 $Sy$ が供給され、これに応じて $x$ 方向移動機構20、 $y$ 方向移動機構21が作動し、撮像系が $x$ 、 $y$ 方向に変位される。このときの固体撮像素子2の出力映像信号は、直接撮像モアレ低減処理部14と画素単位ずれ補正処理部13とに供給されるが、撮像モアレ低減処理部14はこの画素単位ずれ補正処理部13で補正処理された映像信号VB'を取り込む。

【0111】ここで、撮像モアレ低減処理部14では、上記の映像信号VA、VB'を夫々取り込んで一旦内蔵のメモリに格納し、しかる後、これら映像信号をメモリから読み出して上記の算術的合成処理を行ない、撮像モアレが低減された映像信号Vを生成するものであるが、画素単位ずれ補正処理部13で画素ずらしされた映像信号VBの画素ずらし量を上記のように補正することにより、撮像モアレ低減処理部14では、取り込む映像信号VB'を、画素ずらし量に関係なく、メモリに機械的に書き込むだけでよい。もし、画素単位ずれ補正処理部13での処理がなければ、画素ずらしされた映像信号VBのメモリでの書き込み開始位置（アドレス）、あるいは映

像信号VB'のメモリでの読出し開始位置や読出し開始タイミングを、画素ずらし量に応じて異ならせなければならぬ。

【0112】なお、この第3の実施形態では、演算処理部15からのx方向移動信号Sx、y方向移動信号Syに応じて撮像系をx、y方向に移動させるものであったが、撮像系を固定状態とし、撮像対象16を、同様に、x方向移動信号Sx、y方向移動信号Syに応じてx、y方向に移動させるようにしてもよい。

【0113】図17は本発明による周期的な明暗パターンを有する対象の画像撮像方法及びそれを用いた装置の第4の実施形態を示すブロック図であって、22は光学的ローパスフィルタであり、図1に対応する部分には同一符号を付けて重複する説明を省略する。この第4の実施形態も、1つの撮像系を用いるのであるが、撮像系を固定した状態とし、固体撮像素子2の撮像面での撮像対象の撮像視野の撮像画像を光学的に移動させるようにしたものである。

【0114】同図において、撮像系では、光学的ローパスフィルタ22が設けられており、この光学的ローパスフィルタ22を介して撮像対象16の撮像視野CEの画像が固体撮像素子2で撮像される。この光学ローパスフィルタ22は、演算処理部15からの回転駆動信号Sθに応じて、図17での分断線C-C'に沿う断面を示す図18に示すように、その中心軸を中心に回転可能である。

【0115】この光学的ローパスフィルタ22は、水晶板のような複屈折特性を持つ複屈折板であって、図19に示すように、結像レンズ4からの入射光線Lを2つの光線L1、L2に分割する。ここで、一方の光線L2は入射光線Lの一部がそのまま光学的ローパスフィルタ22を通過したものであるが、他方の光線L1は入射光線Lの残りが光学的ローパスフィルタ22内での一定ずらし方向θ（図18）に光学的ローパスフィルタ22の厚さで決まる一定量Δだけ光線L1からずれたものとなる。

【0116】この場合、2つの光線L1、L2の分割光量比は必ずしも1:1にはならないが、この光学的ローパスフィルタ22に近接した固体撮像素子2では、画素ずらし量を付与しない画像と付与した画像を画素単位で階調値の重み付き平均処理を施したことで等価になる。

【0117】そこで、図17において、撮像対象16での周期性明暗パターンに応じて撮像モアレを低減可能な画素ずらし量が決まるから、光学的ローパスフィルタ22として、この画素ずらし量に等しい光線L1、L2のずれ量Δ（図19）を生ずるものを用い、演算処理部15で画素単位で階調値の重み付き平均処理で撮像モアレを低減可能な画素位置ずらし方向θを算出して回転駆動信号Sθを発生し、この回転駆動信号Sθによって光学的ローパスフィルタ22の回転量を制御することにより、

固体撮像素子2からは撮像モアレが低減された映像信号Vが得られることになる。この画素ずらし方向θは、図10のステップ305で得られた $\alpha_{1/2}$ 、 $\beta_{1/2}$ から求まる

【0118】

【数7】

$$\theta = \tan^{-1} (\beta_{1/2} / \alpha_{1/2})$$

【0119】なる角度θである。

【0120】なお、光学的ローパスフィルタ22の上記のずれ量Δはその板厚に比例するから、異なる周期性明暗パターンの撮像対象16を撮像する場合には、その周期性明暗パターンによって決まる画素ずらし量に応じた上記ずれ量Δを生ずる板厚の光学的ローパスフィルタ22を用いるようにすればよい。従って、種々の板厚の光学的ローパスフィルタ22を交換可能とすることにより、上記各実施形態と同様、種々の異なる周期性明暗パターンの撮像対象16を撮像しても、撮像モアレが効果的に低減された映像信号を得ることができる。

【0121】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によると、周期的な明暗パターンを有する撮像対象を撮像して、撮像モアレが効果的に低減された映像信号を得ることができ、かかる明暗パターンの検査などの精度を大幅に高めることになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による周期的な明暗パターンを有する対象の画像撮像方法及びそれを用いた装置の第1の実施形態を示す構成図である。

【図2】撮像モアレの発生原因と本発明の原理とを示す図である。

【図3】図1に示した第1の実施形態での撮像対象の具体例を示す図である。

【図4】図3に示した撮像対象を撮像したときに得られる撮像モアレの例を示す図である。

【図5】図3(a)、(b)で示した撮像対象を撮像したときの撮像モアレの発生過程を示す図である。

【図6】図3(c)、(d)で示した撮像対象を撮像したときの撮像モアレの発生過程を示す図である。

【図7】図1における演算処理部でのモアレパワースペクトルの算出処理の一具体例を示すフローチャートである。

【図8】図7におけるステップ108の具体的処理を示すフローチャートである。

【図9】図8のステップ202、203で用いる関数の波形を示す図である。

【図10】図1における演算処理部での図7で得られたモアレパワースペクトルを基にした画素ずらし量の算出処理の一具体例を示すフローチャートである。

【図11】画素欠陥がある撮像対象と撮像画素とを示す

図である。

【図 12】画素欠陥がある撮像対象に対する撮像画素の配列関係の一例を示す図である。

【図 13】図 12 に示した撮像対象を従来の方法で撮像したときと図 1 で示した第 1 の実施形態とでの撮像モアレと画素欠陥との関係を比較して示す図である。

【図 14】本発明による周期的な明暗パターンを有する対象の画像撮像方法及びそれを用いた装置の第 2 の実施形態での一方の撮像系を示す構成図である。

【図 15】本発明による周期的な明暗パターンを有する対象の画像撮像方法及びそれを用いた装置の第 2 の実施形態を示す構成図である。

【図 16】本発明による周期的な明暗パターンを有する対象の画像撮像方法及びそれを用いた装置の第 3 の実施形態を示す構成図である。

【図 17】本発明による周期的な明暗パターンを有する対象の画像撮像方法及びそれを用いた装置の第 4 の実施形態を示す構成図である。

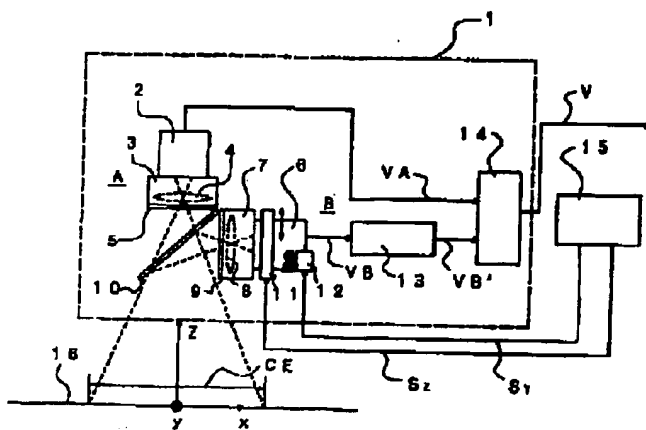
【図 18】図 17 の分断線 C-C' に沿う断面図である。

【図 19】図 17, 図 18 での光学的ローパスフィルタの作用を示す図である。

【符号の説明】

- 1 画素ずらし補正ユニット
- 2 固体撮像素子
- 3 光学系
- 4 結像レンズ
- 5 開口数調節機構
- 6 固体撮像素子
- 7 光学系
- 8 結像レンズ
- 9 開口数調節機構
- 10 ハーフミラー
- 11 z 方向移動機構
- 12 y 方向移動機構
- 13 画素単位ずれ補正処理部
- 14 撮像モアレ低減処理部
- 15 演算処理部
- 16, 16-1~16-4 撮像対象
- 17 ガラス板ユニット
- 18, 19 ガラス板
- 20 x 方向移動機構
- 21 y 方向移動機構
- 22 光学的ローパスフィルタ
- A, B 撮像系
- CE 撮像視野

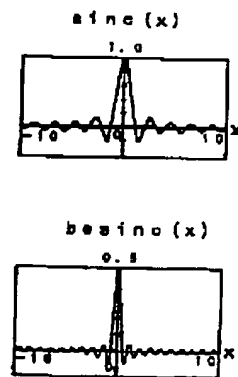
【図 1】



【図 9】

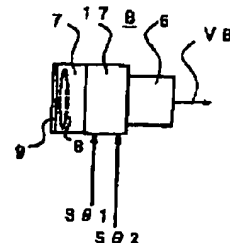
【図 9】

に



【図 14】

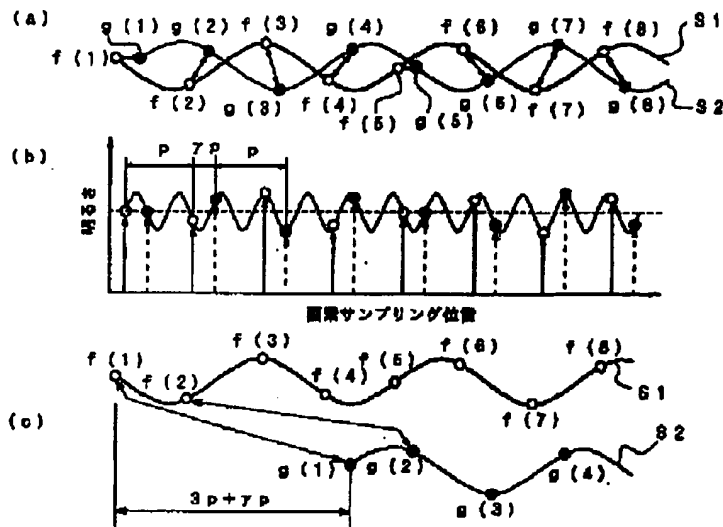
【図 14】



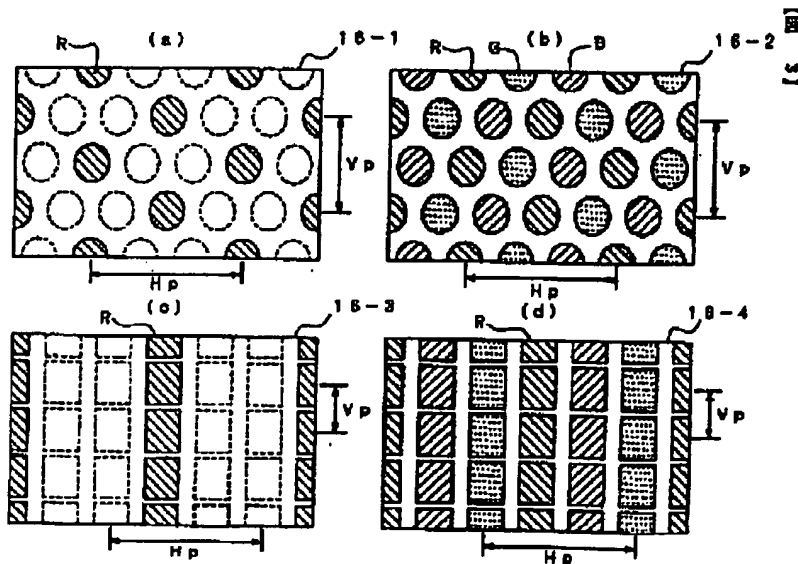
【図2】

【図18】

【図18】



【図3】





【図4】

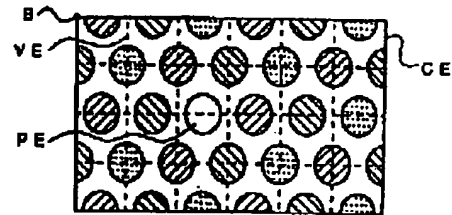
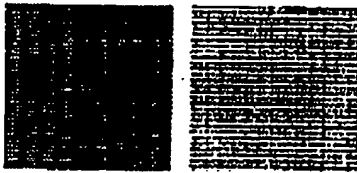
【図12】

【図4】

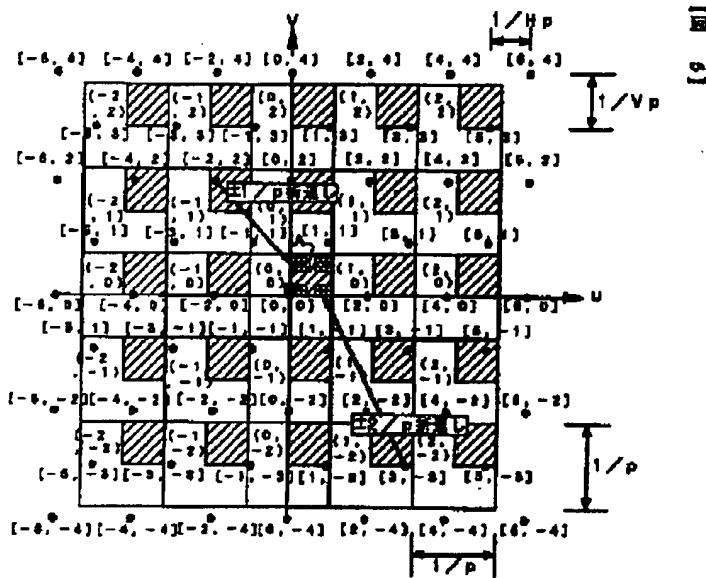
【図12】

(a)

(b)



【図5】

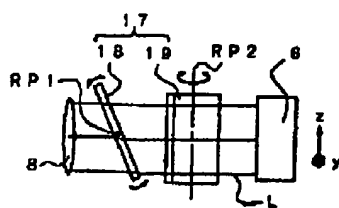


【図15】

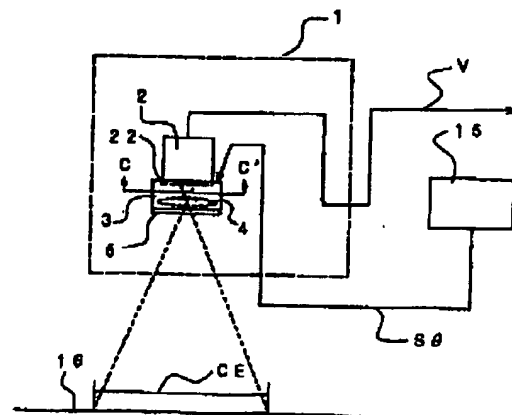
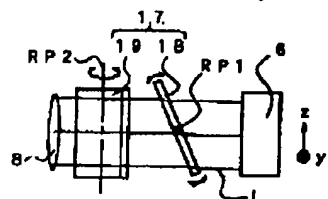
【図17】

【図15】

(a)

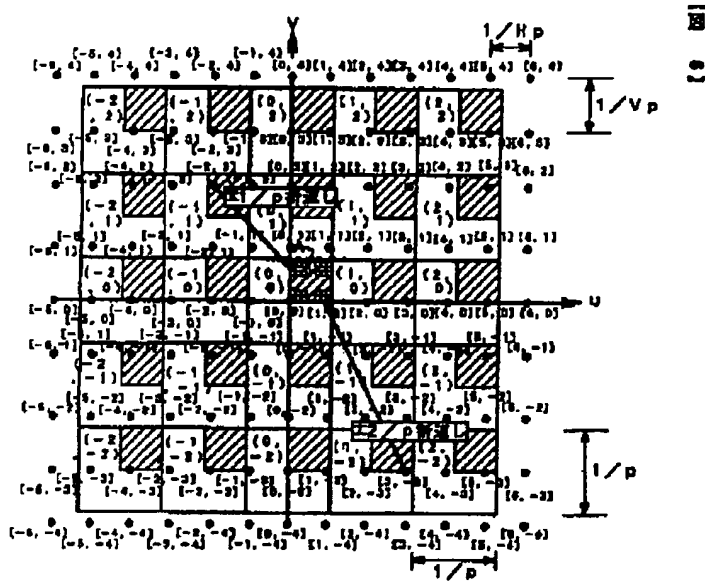


(b)

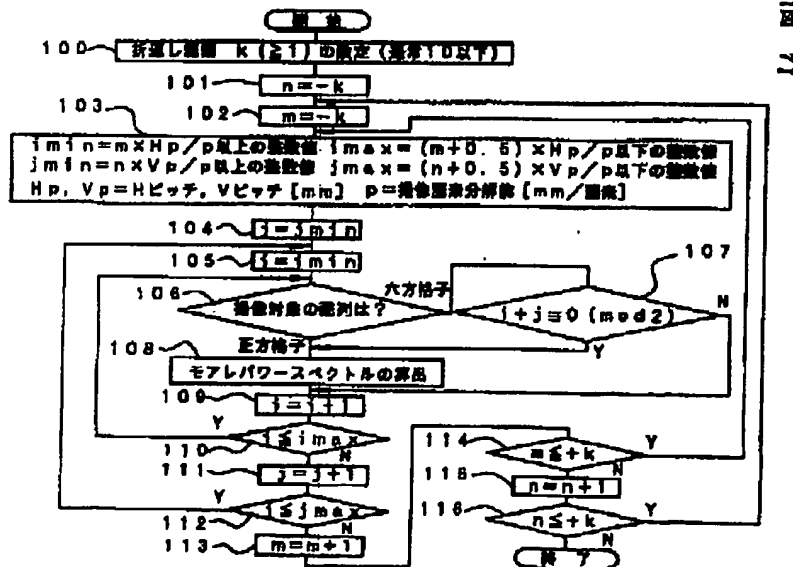


【図17】

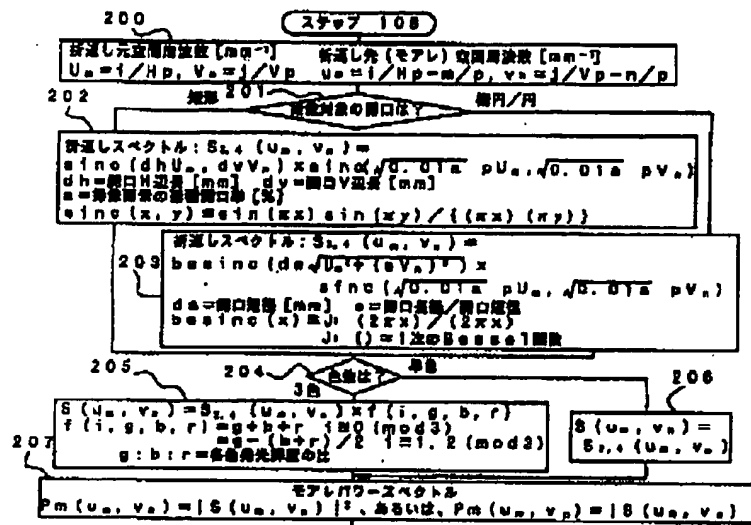
【図 6】



【図 7】

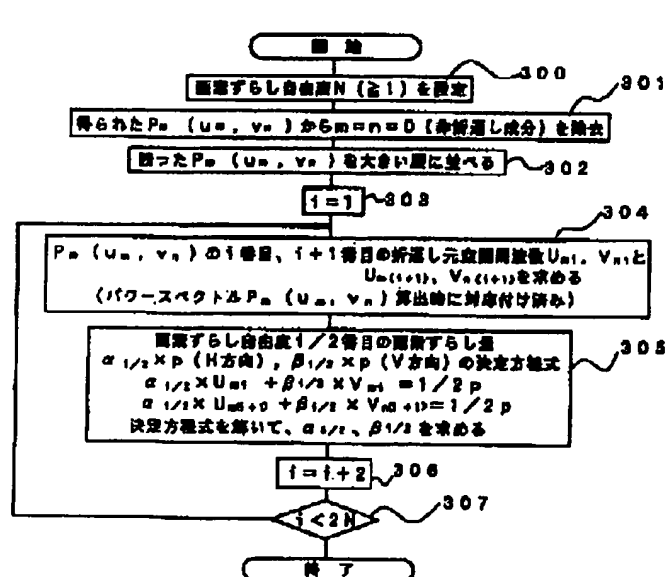


【図8】



【図8】

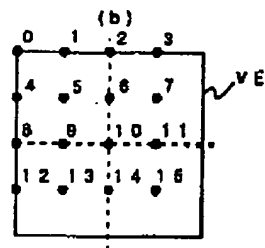
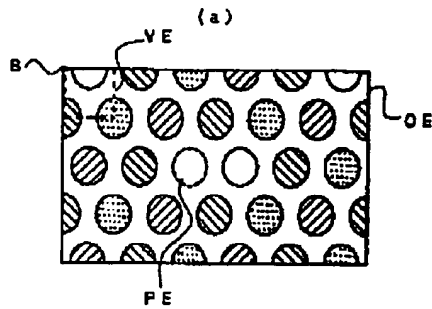
【図10】



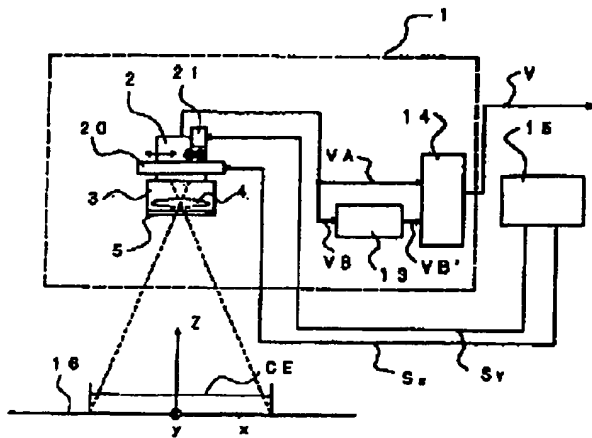
【図10】

【図11】

【図11】

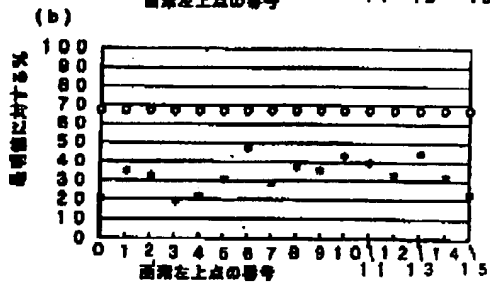
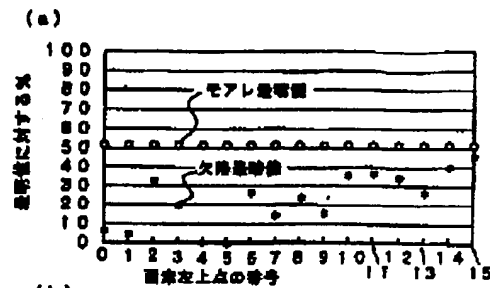


【図16】



【図13】

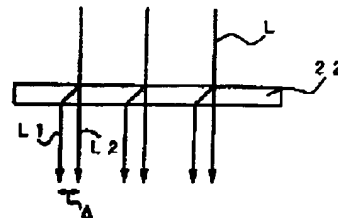
【図13】



【図19】

【図19】

【図19】



フロントページの続き

(72)発明者 川口 広志

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株  
式会社日立製作所生産技術研究所内

(72)発明者 小金沢 信之

千葉県茂原市早野3300番地 株式会社日立  
製作所電子デバイス事業部内

Fターム(参考) 5C021 PA66 YA01  
5C024 AA01 CA00 CA02 FA01 FA14  
HA17

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**